

Título del proyecto: FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO Y LA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS.

Clave del proyecto: CIN2018A20152

Institución: 1257 - ESC TOMÁS ALVA EDISON

Área: Ciencias Fisicomatemáticas y de las Ingenierías

Disciplina: Física

Tipo investigación: Documental

AUTORES:

Nombre: CESAR ANDRES CAMPOS LICERIO

Nombre: JOSE PABLO LANDA GARCIA

Nombre: ANDREA ALESSANDRA VILLARRUEL SERNAS

Nombre: RODRIGO PLAUCHU RODRIGUEZ

ASESOR:

Nombre: EDUARDO CHAVEZ HERNANDEZ

Tipo Asesor: Local

México Ciudad de México a 16 de febrero de 2018

Contenido	
Resumen ejecutivo:.....	4
Párrafo resumen (Español).....	5
Párrafo resumen (Inglés).....	5
Introducción:.....	7
Tema.....	7
Planteamiento del problema.....	7
Objetivos.....	7
Fundamentación teórica:.....	7
Justificación.....	7
Hipótesis.....	8
¿Qué es la fibra de carbono?.....	8
Origen.....	8
¿Para qué se utiliza?.....	9
Propiedades.....	10
Ventajas y desventajas.....	10
¿Cómo se obtiene?.....	11
Proyectos actuales de reforzamiento con fibra de carbono.....	12
Metodología documental:.....	13
Resultados:.....	14
Conclusiones:.....	16
Aparato crítico:.....	17

Resumen ejecutivo:

Con el reciente sismo del 19 de septiembre de 2017 muchas viviendas se vieron afectadas. La gran mayoría de éstas si no es que todas utilizan como material de construcción el concreto y el acero. Estos materiales ofrecen una gran protección a los usuarios de los inmuebles ya que son seguros de utilizar en edificaciones, pero también son materiales muy pesados. Al utilizar el cemento y el acero como principal material de construcción en una zona sísmica como lo es la ciudad de México, nos nace la necesidad de reforzar nuestras estructuras para evitar que colapsen o se vean afectada por los cambios de fuerza durante un desastre como lo es un sismo. Para realizar estos reforzamientos, planteamos el uso de la fibra de carbono, ya que es liviana, fácil y rápida de instalar además de ofrecer una gran resistencia a diferentes fuerzas.

El objetivo de nuestro proyecto es que la población identifique las ventajas que tiene el uso de la fibra de carbono al igual que sus características y viabilidad para sus proyectos. También se busca el proporcionar información obre las ventajas y desventajas que tiene la fibra de carbono. Esto con la visión de dar información que ayude a la población a decidir sobre los materiales con los cuales reforzar sus viviendas y edificios o de como poder repararlos.

Este proyecto tiene como hipótesis que el uso de la fibra de carbono va a ser una solución viable para reparar estructuras que se encuentren dañadas, así como para reforzar las que se encuentren en buenas condiciones. También se plantea que la fibra de carbono será la mejor opción para reparar estructuras dañadas ya que es sencilla y muy rápida de poner, lo cuál permite que la edificación recupere su integridad en un tiempo relativamente corto en comparación con métodos tradicionales de reparación y reforzamiento.

Durante la investigación, se ha notado que la fibra de carbono puede considerarse como un elemento muy versátil, ya que se puede utilizar para reforzar prácticamente cualquier cosa. La fibra es capaz de utilizarse no sólo en concreto sino en otro tipo de materiales como lo es la madera y las paredes falsas. Además, la fibra de carbono posee la habilidad de adaptarse a la forma de la superficie en la que se está

instalando, sin importar que la superficie sea curva. La fibra de carbono debe de ser instalada con resina y por profesionales.

La fibra de carbono es un material muy confiable y de gran versatilidad de usos, pero cuenta con una desventaja que es el sólo poder ser instalada con el uso de resina para así adherirla a las superficies. La fibra de carbono no puede ser clavada ya que esto crearía rasgaduras que comprometerían la integridad del reforzamiento. La fibra fuera de ese detalle puede ser instalada con una facilidad y rapidez increíble ya que antes de ser instalada y endurecida, se comporta como una tela que puedes moldear alrededor de la superficie a reforzar.

Párrafo resumen (Español)

La fibra de carbono es una alternativa viable para el reforzamiento de estructuras, principalmente de concreto y acero. La fibra reforzará el material de tal manera que se pueda soportar mayor cantidad de fuerzas que afectan a una estructura como lo son la tracción, torsión, flexión, compresión y cortantes. La fibra de carbono también es una opción viable ya que es rápida de instalar, aumenta la capacidad de carga de la columna, muro o trabe, y es de extrema ligereza por lo que no se le agrega una gran cantidad de peso a la estructura. La fibra no necesita de una gran cantidad de mantenimiento y puede durar hasta 15 años en condiciones óptimas. Otra ventaja de la que goza la fibra de carbono es la posibilidad de deformarla como sea necesario, para así poder reforzar estructuras curvas. La fibra de carbono es una de las mejores opciones en el mercado para reparar o reforzar una construcción por sus diferentes propiedades y pocas desventajas.

Párrafo resumen (Inglés)

Carbon fiber is a viable alternative for the reinforcement of structures, mainly the ones made of concrete and steel. The fiber will reinforce the materials in such a way that they can support greater amounts of forces that affect a structure such as traction, torsion, bending, compression and cutting. Carbon fiber is also a viable option that allows quick installation, increases the load capacity of the column, wall or lock, and is lightweight so that a large amount of extra weight is not added to the structure. Carbon fiber does not need a lot of maintenance and can last up to 15 years in optimal

conditions. Another advantage of the carbon fiber is the possibility of deforming it as necessary, in order to strengthen constructions with curves. Carbon fiber is one of the best options on the market to repair or reinforce a construction due to its different properties and few disadvantages.

Introducción:

Tema

El uso de fibra de carbono en el reforzamiento y rehabilitación de estructuras; especialmente estructuras de concreto reforzado en situaciones de emergencia.

Planteamiento del problema

Las estructuras en el Valle de México están hechas en su gran mayoría por acero y concreto. Éstas, así como brindan más seguridad que estructuras de madera, también son más pesadas. Esto se vuelve un problema ya que el Valle de México se encuentra en una zona sísmica. Gracias a esto, las estructuras que se tienen deben de cumplir con varias regulaciones para poder resistir el cambio de fuerzas que produce un sismo. Se plantea que la fibra de carbono ayude a soportar estos cambios de fuerza.

Objetivos

- Proporcionar información acerca de la fibra de carbono.
- Dar a conocer las ventajas y desventajas tanto de la fibra de carbono como de reforzar una estructura con ésta.

Fundamentación teórica:

Justificación

Este trabajo de investigación se realiza para señalar las ventajas que tiene el reforzamiento de estructuras y más cuando se tratan de estructuras hechas con materiales pesados como el acero y el concreto en una zona sísmica. Es de vital importancia que los dueños de inmuebles dañados reparen o rehabiliten los espacios para mantener segura a la población. Por eso se espera que con la información aquí recabada se tome una nueva conciencia social sobre las estructuras que nos rodean y cómo se pueden hacer más seguras.

Hipótesis

La fibra de carbono se puede utilizar como una herramienta de absorción de fuerza en las estructuras. La fibra también podrá reforzar estructuras existentes hechas con concreto y acero incrementando la cantidad de fuerzas (tracción, torsión, flexión, compresión y cortantes) que puedan absorber. Los elementos que pueden ayudarnos a reforzar y rehabilitar estructuras pueden ser mallas, barras, escuadras, cuadros o láminas.

¿Qué es la fibra de carbono?

La Fibra de Carbono, también conocida como FC, es un material formado por fibras de 50-10 micras de diámetro, compuesto principalmente de átomos de carbono. “Los átomos de carbono están unidos entre sí en cristales que son más o menos alineados en paralelo al eje longitudinal de la fibra.” (Carbosystem, 2017) La alineación de cristal da a la fibra de alta resistencia en función del volumen (lo hace fuerte para su tamaño). Varios miles de fibras de carbono están trenzados para formar un hilo, que puede ser utilizado por sí mismo o tejido en una tela.

Las propiedades de las fibras de carbono, tales como una alta flexibilidad, alta resistencia, bajo peso, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica, las hacen muy populares en la industria aeroespacial, ingeniería civil, aplicaciones militares, deportes de motor junto con muchos otros deportes. (Starmedia, 2017)

Cada hilo de filamento de carbono es un conjunto de muchos miles de filamentos de carbono. Uno de estos filamentos es un tubo delgado con un diámetro de 5.8 micrómetros y se compone casi exclusivamente de carbono. La primera generación de fibras de carbono tenía un diámetro de 7.8 micrómetros. Más tarde, se alcanzaron fibras con diámetros que son aproximadamente de 5 micras. Y en la actualidad se usa más que nada la de 3 micras.

Origen

La fibra de carbono o CFRP tiene, como todo material, un origen, a pesar de que su conocimiento en masa ha sido relativamente cercano. Sus primeras apariciones

datan de finales del siglo XIX, con la aparición de la lámpara incandescente con filamento de carbono. Pero claro, eso no era la fibra de carbono que conocemos a día de hoy. Para ello debemos adelantar en el calendario y remontarnos a mediados del siglo pasado.

Sus primeras aplicaciones útiles fueron en el mundo de la aviación, siendo todavía un material muy utilizado en este campo

¿Para qué se utiliza?

La fibra de carbono sirve para la fabricación de autos *premium* y deportivos de gama alta, esto debido a su alto costo. Sin embargo, los procesos de fabricación de este material y la tecnología avanzada lograrán que este sea utilizado en la mayoría de los autos, para la reducción del peso y el consumo de los autos. (Starmedia, 2017)

La fibra de carbono forma parte de esta nueva generación de materiales llamados compuestos, esto porque nacen de la unión de dos materiales, tal como en química. Los materiales utilizados no se mezclan entre sí, se refuerzan uno sobre otro formando capas. Uno de los materiales utilizados para formar la fibra de carbono son las microfibras de carbono que entregan resistencia mecánica y están entretrejidas formando una especie de manta. (Vecina G.M, 2017)

El otro material es una resina que cubre las fibras, las mantiene en una posición deseada, brinda tensión y resistencia a las deformaciones. Con la combinación de materiales, el producto final logra soportar la tracción y la compresión.

La fibra de carbono es un material muy resistente con un peso hasta tres veces menor que el del acero, pero mayor resistencia. Las fibras responden en una sola dirección y para lograr una respuesta óptima, se colocan varias capas en distintos sentidos, para que el material sea resistente en cualquier sentido.

El uso de la fibra de carbono inició en la industria aeronáutica, ahora se utiliza en las partes de la carrocería de los autos y en algunas partes del motor. Los componentes en los que más se utiliza son: los paneles de la carrocería, el capó, el techo, elementos aerodinámicos, alerones y en la instrumentación del interior.

En su fabricación total, los autos usados para las carreras de la Fórmula Uno utilizan la fibra de carbono. Esto para lograr resistencia, soportar las velocidades altas y lograr un peso liviano.

Este material es utilizado en otras industrias y se puede encontrar en partes de bicicletas, cascos, joyería y costura. El uso de la fibra de carbono puede ser ilimitado, ya que al ser un material flexible permite su fácil manipulación. Sus características principales son la resistencia, durabilidad y versatilidad. (Starmedia, 2017)

Propiedades

- Conductividad eléctrica
- Amortiguación de vibraciones
- Inmune a corrosión
- Tenaz
- Alta elasticidad
- Poco peso
- Resistencia química y térmica
- Maleable
- Disminución de abrasión

Ventajas y desventajas

La fibra de carbono, como tal, tiene ventajas y desventajas. Empezando por lo primero, las ventajas, la más conocida de todas es la ligereza. Precisamente, la fibra de carbono al ser tan resistente, que es otra de sus virtudes, nos permite usar una menor cantidad de material para la misma resistencia que necesitaría una pieza metálica. Al usar menos material, y a ser éste de una baja densidad, permite ahorrar unos kilos que se restará al cómputo global.

Por otro lado, también es un material resistente a los agentes externos. Lógicamente la fibra de carbono se trata con resinas y barnices resistentes, pero presenta la ventaja, por ejemplo, frente a una pieza metálica, de no presentar corrosión. El módulo de elasticidad frente a piezas metálicas también es superior. Frente a las variaciones de temperatura, conserva también su forma.

Las desventajas, por no decir la desventaja principal, es el precio. Es un material que resulta complicado de elaborar, además de necesitar un proceso de elaboración todavía largo que no casa con las exigencias de producción actuales. Por otro lado, usando las resinas termoestables que se usan ampliamente, es un material difícil de reciclar. En un futuro, con el uso de resinas termoplásticas, este punto será más sencillo y viable. Por último, la fibra de carbono es un buen conductor de la electricidad.

¿Cómo se obtiene?

En 1958, Roger Bacon creó fibras de alto rendimiento de carbono en el Centro Técnico de la Union Carbide Parma. Estas fibras se fabrican mediante el calentamiento de filamentos de rayón hasta carbonizarlos.

Este proceso resultó ser ineficiente, ya que las fibras resultantes contenían sólo un 20% de carbono.

En la década de 1960, un proceso desarrollado por Akio Shindo de la Agencia de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología de Japón, con poliacrilonitrilo (PAN) como materia prima.

Este había producido una fibra de carbono que contiene alrededor del 55% de carbono.

1970.

Durante la década de 1970, los trabajos experimentales para encontrar materias primas alternativas llevaron a la introducción de fibras de carbono a partir de una brea de petróleo derivadas de la transformación del petróleo.

Estas fibras contenían alrededor de 85% de carbono y tenía una excelente resistencia a la flexión.

La fibra de carbono es un polímero de una cierta forma de grafito. El grafito es una forma de carbono puro. En el grafito los átomos de carbono están dispuestos en grandes láminas de anillos aromáticos hexagonales.

La fibra de carbono se fabrica a partir de otro polímero, llamado poliacrilonitrilo, a través de un complicado proceso de calentamiento. Cuando se calienta el poliacrilonitrilo, el calor hace que las unidades repetitivas ciano formen anillos.

Al aumentamos el calor, los átomos de carbono se deshacen de sus hidrógenos y los anillos se vuelven aromáticos. Este polímero constituye una serie de anillos piridínicos fusionados.

Luego se incrementa la temperatura a unos 400-600°C. De este modo, las cadenas adyacentes se unen:

Este calentamiento libera hidrógeno y da un polímero de anillos fusionados en forma de cinta. Incrementando aún más la temperatura de 600 hasta 1300°C, nuevas cintas se unirán para formar cintas más anchas:

De este modo se libera nitrógeno. Como se puede observar, el polímero que es obtenido tiene átomos de nitrógeno en los extremos, por lo que, estas cintas pueden unirse para formar cintas aún más anchas. A medida que ocurre esto, se libera más nitrógeno. Terminado el proceso, las cintas son extremadamente anchas y la mayor parte del nitrógeno se libera, quedando una estructura que es casi carbono puro en su forma de grafito. (Vecina G.M, 2017)

Proyectos actuales de reforzamiento con fibra de carbono

-Corporativo Liverpool Santa Fe

-Aeropuerto internacional de la Ciudad de México

-Puente paseo Tollocan y Comonfort

Metodología documental:

Experimento reforzamiento de trabe de concreto realizado por Sika. (Sika Canada,2015)

Materiales:

- 2 trabes de concreto de 2m*0.05m*0.05m
- 1 m cuadrados de hoja de fibra de carbono estructural.
- 1 bote de resina Q2 aplicador.
- 1 brocha para el aplicador
- 1 rodillo.

Fecha o periodo de aplicación:

- 5 enero 2015

Población:

- No aplica

Locación:

- Almacén Sika Canadá

Variables relevantes para el experimento:

- Imperfecciones en los materiales utilizados como pueden ser grietas en los postes o rupturas del tejido de la fibra de carbono.
- Burbujas de aire dentro del reforzamiento de las trabes.
- Humedad de la resina al hacer el experimento.

Otras variables involucradas:

- Condiciones atmosféricas.
- Temperatura del ambiente
- Exactitud de instrumentos de medición.

Descripción:

Se hará la comparación de cuanta fuerza puede soportar una trabe de cemento antes de quebrarse. La comparación se hará entre una trabe sin reforzar y otra reforzada con fibra de carbono. Las trabes serán colocadas en soportes de tal manera que el centro de estas se puedan parar personas con las cuales realizar fuerzas que actúen sobre el cemento.

Al obtener nuestros resultados de fuerza que soportó cada trabe los compararemos para obtener la diferencia en fuerza que pudo soportar cada una.

La hipótesis se comprueba si:

La trabe de cemento reforzada por la fibra de carbono estructural resiste más fuerzas que una trabe de cemento sin reforzar.

La hipótesis se niega si:

La trabe de cemento reforzado aguanta lo mismo o menos que la trabe de cemento sin reforzar.

Requerimientos humanos:

- Empleados del almacén Sika Canadá

Resultados:

En el experimento analizado, podemos observar una gran mejora en la resistencia de la trabe de concreto. Aunque es cierto que el cemento es fácil de quebrar cuando no está combinado con varilla, es impresionante como la fibra puede sostener

la fuerza que se le implementa. La trabe pasó de no poder aguantar al primer trabajador a sostenerlos a todos incluso mientras ellos saltaban creando cambios de fuerzas en la fibra y en la trabe.

La fibra de carbono no solo reforzó la barra de cemento, sino que también sostuvo los 621 Kg*F de las personas que se subieron a la trabe. Al ver esto, podemos deducir que la fibra de carbono no solamente se puede usar como reforzador sino también podría ser un sustituto a las varillas de acero para crear construcciones mucho más livianas.

Cuando se trata de compresión, la fibra de carbono puede doblar la cantidad de fuerza que resiste una columna antes de fallar.

La fibra de carbono cumple nuestra hipótesis. Es capaz de mejorar en gran medida el rendimiento de un material que es sometido a fuerzas. La fibra además es fácil y rápida de colocar, lo que permite que los reforzamientos se hagan en poco tiempo. La fibra de carbono también nos da la ventaja de que el peso de la estructura se mantiene relativamente parecido ya que la fibra es muy ligera.

Conclusiones:

La fibra de carbono desempeña un papel crítico en la absorción de fuerzas. Durante esta investigación, nos hemos dado cuenta de la evidente viabilidad que tiene la fibra de carbono para reforzar estructuras no sólo de concreto sino de cualquier material al que se le pueda colocar la resina. La fibra de carbono ha permitido que los materiales en los que se instala resistan una cantidad considerablemente mayor de fuerzas ya que la fibra absorbe la fuerza. La fibra de carbono podría ser utilizada mucho más ampliamente en las construcciones ya que no agrega mucha carga a la estructura original pues es muy liviana, y permite las reparaciones rápidas de un inmueble o edificación sin comprometer la seguridad de este después de reparado.

La fibra de carbono puede ser una maravilla, pero también su instalación y ella misma pueden tener desventajas. La primera desventaja es el precio. Aunque es un material que vale cada centavo, sigue siendo demasiado caro como para combatir con métodos de reforzamiento regulares. Una propuesta para cambiar esto sería la implementación de nuevas fábricas que la produzcan para así abaratar su costo. La siguiente propuesta sería el de nuevas regulaciones gubernamentales y de las propis compañías que ofrecen este producto ya que la gran mayoría vende la fibra por proyecto, cobrando en dólares americanos, y con la condición de que deben ser ellos mismos los que instalen la fibra. Una nueva regulación y más apertura al público por parte de las compañías generaría un mayor interés de la gente hacia ésta.

Nuevos planteamientos que se le pueden dar a la fibra es de cómo mejorar sus métodos de instalación. Ya que es una fibra, no se puede aplicar de alguna otra manera que no sea por medio de resina. La fibra no se puede clavar ni rasgar ya que perdería parte de su integridad. La resina, aunque cumple la función, es un material que no soporta altas temperaturas. Es por esto que la creación de una resina más resistente a diferentes condiciones podría de manera indirecta impulsar el mercado de la fibra de carbono.

Aparato crítico:

Sika Canada. (2015, January 06). SikaWrap - Sika CarboDur - Carbon fiber laminate for structural strengthening Retrieved February 16, 2018, from https://www.youtube.com/watch?v=_oSGDt_XGHY&t=5s

SikaNewZealand. (2013, July 02). Sika Carbodur earthquake-resisting structural strengthening system. Retrieved February 16, 2018, from <https://www.youtube.com/watch?v=XSxb7yKME8s>

S. (2013, June 11). Sika Carbodur earthquake-resisting structural strengthening system. Retrieved February 16, 2018, from <https://www.youtube.com/watch?v=vsE5e0uLMg8>

Vecina, G. M. (2015, May 27). LA FIBRA DE CARBONO: OBTENCIÓN, PROPIEDADES Y APLICACIONES. Retrieved December 04, 2017, from <https://prezi.com/gxhmqc8p0mio/la-fibra-de-carbono-obtencion-propiedades-y-aplicaciones/>

Fibra de carbono: Información, estructura y propiedades. (2017, September 04). Retrieved December 04, 2017, from <http://carbosystem.com/fibra-de-carbono-2/>

S. (2012, February 20). ¿Qué es y para qué sirve la fibra de carbono para autos? Retrieved December 04, 2017, from <http://www.starmedia.com/autos/para-que-sirve-fibra-carbono-para-autos/>

M. (n.d.). MasterBrace® Sistema Compuesto de Reforzamiento [PDF]. Ciudad de México: MasterBrace.

M. (2016, June). Manual de aplicación de sistemas de refuerzo MasterBrace [PDF]. Barcelona: MasterBuilders Solutions.